CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL:

A CAPACITAÇÃO BRASILEIRA PARA A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva

Ciência e Tecnologia no Brasil: a Capacitação Brasileira para a Pesquisa Científica e Tecnológica

Volume 3

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
EDITORA

ISBN 85-225-0206-4

Direitos desta edição reservados à Fundação Getulio Vargas
Praia de Botafogo, 190 — 22253-900
CP 62.591 — CEP 22252-970
Rio de Janeiro, RJ — Brasil

Documentos elaborados para o estudo de ciência política realizado pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas, para o Ministério de Ciência e Tecnologia, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II). As opiniões expressas nestes artigos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

1ª edição — 1996

Coordenador do projeto: Simon Schwartzman

Edição do texto: Lucia Klein

Copidesque: Maria Isabel Penna Buarque de Almeida

Editoração eletrônica: Denilza da Silva Oliveira, Eliane da Silva Torres, Jayr Ferreira Vaz e Marilza Azevedo Barboza

Revisão: Aleidis de Beltran, Marco Antonio Corrêa e Fatima Caroni

Produção gráfica: Helio Lourenço Netto

Ciência e tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica, v. 3 / Simon Schwartzman (coord.). – Rio de Janeiro: Editora Fundação Getulio Vargas, 1996.
420p.

V.1 publicado em inglês sob o título: Science and technology in Brazil: a new policy for a global world.

1. Ciência e tecnologia — Brasil. 2. Ciência e estado — Brasil. 3. Tecnologia e estado — Brasil. I. Schwartzman, Simon, 1939- I. Fundação Getulio Vargas.

CDD – 607.281

Sumário

Pesquisa agropecuária

*João Lúcio Azevedo**

1. Introdução

Segundo a classificação elaborada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e utilizada em geral por agências de financiamento à pesquisa e para outras finalidades, são nove as grandes áreas do conhecimento, e uma delas é a das ciências agrárias. Estas se dividem, por sua vez, em agronomia, recursos florestais e engenharia florestal, engenharia agrícola, zootecnia, medicina veterinária, recursos pesqueiros e engenharia da pesca, e ciência e tecnologia de alimentos. É uma classificação artificial, que compreende áreas que visam a exploração direta do solo e outras não diretamente relacionadas, além de apresentar interfaces com outros campos do conhecimento, notadamente as ciências biológicas, fisiológicas, exatas e da terra, além das ciências sociais aplicadas, especialmente a economia. É grande a importância dessa área do ponto de vista econômico e social para o Brasil, devido à grande área territorial do país e ao enorme potencial de sua agricultura e pecuária. Seu produto interno bruto é dependente da agropecuária, dentro e fora das porteiras de suas propriedades agrícolas. Estima-se que praticamente 40% do produto interno bruto brasileiro advenham das atividades da agropecuária e do *agribusiness*, ou seja, dos negócios da agricultura.

Dessa forma, o investimento na pesquisa em ciências agrárias deveria corresponder a quase metade de todo o investimento realizado em ciência e tecnologia no país, o que está muito longe de ocorrer. Os investimentos na grande área de ciências agrárias deveriam corresponder a um valor ainda mais elevado, tendo em vista sua importância cada vez maior, considerando-se o constante aumento da população em países do Terceiro Mundo, como é o caso do Brasil, cuja população continua, em grande parte, carente de alimentos. É preciso considerar, também, a diminuição constante da mão-de-obra rural, que hoje é estimada em 1/10 da população mundial, e que deve ser reduzida a 1/20 quando a população atingir o dobro da atual. Tendo em vista sua área territorial, é de se esperar que o Brasil venha a ter um papel ainda mais importante como fonte de alimentos, requerendo um aumento de produtividade em níveis bem maiores que os atuais. Para que esse objetivo seja atingido, será necessário incrementar muito as pesquisas na área de ciências

* Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Esalq/USP.

agrárias, bem como esforços para a multiplicação de recursos humanos, sem os quais grandes programas e pesquisas, tanto integrando vários grupos quanto no âmbito de pequenos grupos e pesquisas individuais, não poderão ser desenvolvidos a contento.

A evolução das pesquisas em ciências agrárias no Brasil sempre acompanhou *pari passu* o desenvolvimento do ensino agrícola. Em conseqüência, é através do histórico de nossos recursos humanos em ciências agrárias e do desenvolvimento das atividades de pesquisa que a área poderá ser mais bem entendida, estabelecendo-se os critérios para que seu desenvolvimento harmônico resulte em uma pesquisa competitiva, bem fundamentada e voltada às reais necessidades de nosso país. É preciso não esquecer que, ao contrário do que ocorre freqüentemente em outras áreas do conhecimento, a agropecuária tem facetas regionais, em que produtos, processos, clima, solo e outras variáveis não permitem uma pura e simples transferência de tecnologia de regiões de agricultura mais desenvolvida, especialmente quando localizadas em climas temperados, para regiões tropicais e subtropicais.

2. O ensino das ciências agrárias e o desenvolvimento das atividades de pesquisa no Brasil

O ensino de práticas agrícolas mereceu a atenção de educadores brasileiros já no século XVIII, com a criação de academias que incluíam os estudos de agricultura. O surgimento dos hortos reais foi um passo decisivo para a criação e implantação do ensino agrícola superior no Brasil. Em 1877 foi implantado o primeiro curso superior de ciências agrárias em nosso país, ministrado na Escola Superior de Agricultura de São Bento das Lajes, na Bahia. Em 1891 foram iniciadas as atividades de ensino na Escola Superior de Agricultura Eliseu Maciel, em Pelotas, Rio Grande do Sul; em 1901, na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), em Piracicaba, São Paulo; e, em 1908, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (Esal), Minas Gerais. Em 1910, criou-se a primeira escola superior de medicina veterinária no país, a da atual Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Até 1929, já existiam 20 escolas de agricultura e veterinária no Brasil.

A partir da década de 60, proliferaram os cursos de agronomia e medicina veterinária, ao mesmo tempo em que se diversificavam, passando a incluir os cursos de engenharia florestal, zootecnia e engenharia agrícola. Em 1981, já existiam 39 cursos de agronomia, 26 de medicina veterinária, 12 de engenharia florestal, 12 de zootecnia e oito de engenharia agrícola e, em 1990, existiam 53 cursos de agronomia, 32 de medicina veterinária, 15 de engenharia florestal, 16 de zootecnia e oito de engenharia agrícola. A partir dos anos 60 surgiram os cursos de pós-graduação, inicialmente em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, e depois de mestrado e doutorado na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, na Universidade de São Paulo, em Piracicaba.

Outras duas áreas incluídas nas ciências agrárias, a engenharia de alimentos e a engenharia de pesca, não são essencialmente agrárias, pois não se dedicam diretamente à exploração da terra, embora indiretamente tenham-se originado em todo ou em parte das ciências agrárias, especialmente a ciência e tecnologia de alimentos e a aqüicultura.

No início da década de 90, existiam no Brasil cerca de 50 mil estudantes de graduação na grande área de ciências agrárias. Esses cursos apresentam uma grande heterogeneidade, e alguns ainda estão em fase de consolidação. Já os cursos de pós-graduação estão, em grande parte, localizados nas regiões Sudeste e Sul do país e estão, em geral, mais bem estruturados. A tabela 1 apresenta o número de cursos de graduação em ciências agrárias existentes até o momento no Brasil, e a tabela 2, o número de cursos de pós-graduação existentes no Brasil, também em ciências agrárias. Quase que paralelamente ao desenvolvimento das atividades na formação de recursos humanos em ciências agrárias, começaram a se desenvolver, no Brasil, atividades de pesquisa. Uma das instituições pioneiras foi o Instituto Agronômico de Campinas, no estado de São Paulo, originário da Estação Agronômica de Campinas, criada em 1887. Entretanto, durante um bom tempo as pesquisas agronômicas no Brasil foram realizadas principalmente nas escolas de agronomia, que tiveram e ainda continuam a ter um papel fundamental no desenvolvimento de pesquisas nos mais diversos ramos da agricultura e pecuária, além de apresentarem uma forte interação com a área de ciências biológicas, incluindo aí pesquisas em botânica, zoologia, genética e ecologia.

Tabela 1
Número de cursos de graduação no Brasil em ciências agrárias, 1989

Região	Agronomia	Veterinária	Zootecnia	Engenharia florestal	Engenharia agrícola	Total
Norte	3	1	0	3	0	7
Nordeste	11	6	4	2	1	24
Centro-Oeste	7	3	1	2	0	13
Sudeste	18	14	8	6	4	50
Sul	14	8	3	2	3	30
Total	53	32	16	15	8	124

Fonte: Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior (1989).

Tabela 2
Número de cursos de pós-graduação, por regiões brasileiras, na grande área de ciências agrárias

Região	Agronomia		Veterinária		Zootecnia[1]		Eng. Florestal		Eng. Agrícola		Outros[2]		Total	
	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.
Norte	2	–	–	–	–	–	2	–	–	–	1	–	5	–
Nordeste	7	–	2	–	3	–	–	–	2	–	2	–	16	–
Centro-Oeste	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	1
Sudeste	36	17	15	7	9	2	2	1	6	3	12	6	80	36
Sul	8	3	4	0	4	1	2	1	1	–	4	1	23	6
Total mestrado	55		21		16		6		9		19		126	
Total doutor.		21		7		3		2		3		7		43
Total geral														169

Fonte: Capes (1993).
[1] Inclui dois cursos de aqüicultura.
[2] Inclui cursos de ciências exatas aplicadas à agricultura e de alimentos.

Entre 1940 e 1960 foram criados também institutos estaduais de pesquisa, vinculados às secretarias de agricultura estaduais e ao próprio Ministério da Agricultura. Em alguns poucos casos, a iniciativa privada também organizou centros de pesquisa, baseados em produtos e processos específicos para determinadas culturas, como é o caso da Copersucar com a cana-de-açúcar (Malavolta, 1986). De 1927 até 1977 a pesquisa em ciências agrárias atingiu praticamente todos os produtos agrícolas importantes, embora com intensidades diversas e com falta de homogeneidade nas diferentes regiões brasileiras. Ainda assim, é forte a correlação entre o volume de pesquisa em diferentes culturas e os ganhos de produtividade obtidos (Silva et alii, 1979).

Além das escolas de agronomia e veterinária e do Instituto Agronômico de Campinas, foram criados outros centros com enfoque em ciências agrárias, como o Instituto Biológico, em São Paulo, em 1927, inicialmente voltado para estudar uma praga de enorme importância na época, a broca do café. Em seguida, o Instituto Biológico dedicou-se a muitas outras pesquisas, resolvendo importantes problemas nas áreas de patologia animal e vegetal, incluindo o controle de pragas de outras culturas além das do cafeeiro. O Instituto de Zootecnia, criado também no estado de São Paulo em 1905, desenvolveu até hoje pesquisas em nutrição animal, reprodução e melhoramento animal, manejo de pastagens etc. Institutos e empresas mais recentes são o Instituto Agronômico do Paraná (Iapar) e a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa), criados em 1972 e 1973, respectivamente. A Embrapa foi uma continuação em maior escala da rede de institutos do Ministério da Agricultura e é hoje a maior empresa de pesquisas em ciências agrárias do Terceiro Mundo, com centros de pesquisa em praticamente todos os estados do Brasil, baseados principalmente em produtos (soja, feijão e arroz, fruteiras de clima temperado ou tropical etc.) ou regiões (Cerrado, Amazônia etc.).

A estrutura de ensino e pesquisa tem gerado produtos e processos que contribuíram substancialmente para o aumento da produtividade e geração de novas tecnologias adaptadas a diferentes regiões. Entretanto, ela é ainda insuficiente para que o país possa ser considerado detentor de altas produtividades e de uma agricultura e uma pecuária avançadas, salvo em alguns produtos. As instituições envolvidas na pesquisa em ciências agrárias têm, em geral, dado retorno superior aos investimentos recebidos. Apenas para ilustrar essa afirmativa, vale citar alguns poucos exemplos dos muitos relacionados por Malavolta (1986): substituição de variedades de cana-de-açúcar suscetíveis ao mosaico por variedades resistentes (Esalq/USP), identificação e controle do carvão da cana-de-açúcar (Esalq/USP), produção de variedades e de híbridos de milho e de hortaliças, usados em grande escala pelos agricultores e consumidos pela população brasileira (Esalq/USP), aplicação da energia nuclear na preservação de alimentos e de grãos (Centro de Energia Nuclear na Agricultura da USP, em Piracicaba), elevação da produtividade de florestas em 100% no período de 10 anos (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais e Esalq/USP), novas variedades de feijão e de soja (Universidade Federal de Viçosa), uso e manejo racional do cerrado (Esal, Esalq/USP e Embrapa), variedades melhoradas de trigo e arroz (Escola de Agronomia Eliseu Maciel, em Pelotas, e Embrapa), novas variedades e híbridos de milho, café, soja, feijão e muitas outras (Instituto Agronômico de Campinas), controle biológico de pragas da soja (Embrapa), desenvolvimento de novos equipamentos agrícolas, sistemas de irrigação e biogás (Embrapa).

Segue-se uma descrição mais detalhada sobre o desenvolvimento das pesquisas em cada área e subárea das ciências agrárias, sua importância e perspectivas.

3. Área de agronomia

A agronomia costuma ser definida como a ciência relacionada com as plantas cultivadas. Incluem-se na agronomia as subáreas de fitotecnia, ciência do solo, fitossanidade e extensão rural. Como em praticamente todas as outras áreas

e subáreas das ciências agrárias, a pesquisa no Brasil é desenvolvida principalmente em institutos de ensino superior (no caso, escolas de agronomia), em institutos estaduais de pesquisa na Embrapa e, em menor escala, em empresas privadas. Existem aproximadamente 5 mil pesquisadores nessa área, dos quais cerca de 1.600 na Embrapa, 800 nas escolas de agronomia e nos demais institutos estaduais de pesquisa e empresas privadas. Dos 5 mil pesquisadores, cerca de 2/3 têm título de mestre (2.200) ou doutor (1.100).

Fitotecnia

Essa área cobre os estudos com as plantas cultivadas, e seu objetivo principal é o aumento do rendimento, obtido pelo emprego de cultivares superiores, técnicas adequadas de cultivo, métodos racionais de colheita, utilização racional de insumos, conservação dos produtos e tecnologia de sementes. Mais recentemente tem-se dado ênfase à utilização racional de técnicas, de modo a obter uma alta produtividade sem prejuízo do meio ambiente. Com destaque para pesquisas em arroz, café, feijão, milho, soja, trigo, hortaliças e fruteiras de clima tropical e temperado. A dificuldade em expandir as fronteiras agrícolas, não só no Brasil como em todo o mundo, com vistas a reduzir o déficit entre o crescimento da demanda por alimentos e fibras, tem conduzido ao estímulo do crescimento da produtividade nas plantas cultivadas. A baixa produtividade, que caracteriza a maior parte culturas agrícolas no Brasil, justifica a importância da subárea de fitotecnia e o maciço investimento feito nela. Essa opção fica ainda mais evidente quando se sabe que a transferência de tecnologia de países avançados na área de agricultura para outros países menos desenvolvidos tem, na grande maioria dos casos, fracassado, em virtude das diferentes condições de solo, clima, sistemas de produção e fotoperiodismo. No Brasil, uma considerável parte da população sofre de carência alimentar. O consumo de proteínas vem caindo constantemente; já foi de 87g/dia por habitante e, hoje, está na faixa dos 70g/dia. Em nosso país, a área cultivada não se expande acentuadamente há 10 anos. Tudo leva a crer, portanto, que o aumento de produtividade seja a solução, não apenas para suprir as necessidades de alimento do povo brasileiro como também para preservar as condições ambientais, inclusive com redução de desmatamentos, especialmente na região amazônica. A tudo isso deve ser acrescentada a vocação agrícola do país, que pode atuar como um ativo exportador de produtos agropecuários para o resto do mundo.

Fitossanidade

Esta subárea forma praticamente um bloco único, sendo de importância capital para as condições do Brasil, que, localizado em grande parte em região de clima tropical, sofre enormes perdas com doenças e pragas da agricultura. Estimativas conservadoras indicam que cerca de 50% dos alimentos produzidos são

consumidos pelas pestes da agricultura. Por isso, o Brasil é um dos principais consumidores de agroquímicos, suplantado somente por países como os EUA, o Japão e pela Europa Ocidental (Ruegger, 1993). Até recentemente as pesquisas de fitossanidade no Brasil eram compatíveis com as realizadas nos países desenvolvidos. Atualmente,porém, tem havido um descompasso, devido, entre outras causas, à introdução de técnicas de biologia molecular e de tecnologia do DNA recombinante, que requerem equipamentos sofisticados e recursos que os laboratórios brasileiros, principalmente nas universidades federais e institutos estaduais de pesquisa, não têm conseguido obter. Por outro lado, têm sido feitas pesquisas sobre o emprego do controle biológico das pragas por predadores, parasitas e patógenos, com o objetivo de reduzir o uso de agroquímicos em grandes áreas cultivadas no Brasil, em função da conscientização crescente da necessidade de preservação do meio ambiente.

Fica difícil estimar com precisão qual é o potencial humano em pesquisa na área de fitossanidade, em comparação com as outras subáreas da agronomia. Fitotecnia, fitossanidade e ciência do solo são subáreas imbricadas e, muitas vezes, um mesmo pesquisador pode atuar em duas ou mais delas. No entanto, pode-se aquilatar o poder da área comparada com as outras pela atuação marcante das sociedades científicas de fitopatologia e entomologia brasileiras. Várias sociedades científicas do Brasil abrigam virologistas, nematologistas, fitopatologistas e entomologistas. Há uma forte interface entre as ciências agrárias e as ciências biológicas, no que se refere à resolução dos problemas de combate a pestes que assolam a agricultura. O estudo do efeito de pesticidas agrícolas sobre o ambiente, a pesquisa em produtos naturais potencialmente utilizáveis no combate a pestes e plantas invasoras, estudos de formulações, técnicas e equipamentos de aplicação visando a maior eficiência dos produtos e a redução dos riscos de contaminação são alguns dos objetivos das pesquisas na subárea. Vários centros da Embrapa, especialmente o Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, localizado em Jaguariúna, São Paulo, as escolas de engenharia agronômica e alguns dos institutos estaduais de pesquisa têm-se dedicado à resolução desses problemas. A fitossanidade e a fitotecnia têm andado juntas para resolver problemas relacionados ao controle de doenças e pragas de vegetais, pela criação de variedades, linhagens e híbridos resistentes, obtidos por melhoramento genético. Também pesquisas em práticas culturais e diversos sistemas de manejo têm auxiliado a efetiva diminuição dos prejuízos causados.

Ciência do solo

É também uma área extremamente abrangente, iniciando-se com os processos de formação e terminando com a utilização agrícola, passando pela física, química e biologia do solo, além da sua fertilidade (Malavolta, 1987). Os estudos sobre o solo compreendem a edafologia, que é a ciência que estuda as relações entre o solo e a planta, além da nutrição, adubos e adubação, microbiologia do

solo e trabalhos de calagem, salinidade etc. Como nas outras subáreas, os estudos do ponto de vista agronômico visam ao aumento de produção por ganhos na produtividade.

Segundo Malavolta (1987), o acúmulo de conhecimentos derivados de pesquisas em ciência do solo no Brasil começou, efetivamente, a partir da década de 50, principalmente devido ao treinamento de pessoal especializado, à instalação do regime de dedicação exclusiva à pesquisa nas universidades e à multiplicação dos recursos humanos, além da cooperação de entidades estrangeiras, com a introdução de novas técnicas e metodologias como o uso de isótopos e informática. Surgiu, então, uma grande quantidade de trabalhos no campo de química dos solos, concentrados em macro e micronutrientes. O fósforo é o elemento mais estudado, seguindo-se os estudos sobre o potássio e os micronutrientes. O Brasil tem-se destacado nas pesquisas sobre microbiologia do solo, particularmente em relação à fixação biológica do nitrogênio atmosférico e, mais recentemente, em estudos sobre fungos micorrízicos. A contribuição dos estudos feitos no Brasil sobre a fixação do nitrogênio por bactérias não-simbióticas tem repercussão mundial. Também os estudos sobre a fixação biológica de nitrogênio, proveniente do isolamento e seleção de linhagens de bactérias do gênero *Rhizobium*, resultaram em grandes progressos para a cultura de soja no Sul do país.

A maioria dos pesquisadores dessa subárea está concentrada em estudos sobre adubos e adubação, com bom número de trabalhos publicados. Os estudos sobre nutrição mineral das plantas também têm posição de destaque no país, bem como os sobre erosão e modos de evitá-la. A Embrapa mantém dois programas nacionais de pesquisa, o primeiro relacionado com a biologia do solo e o segundo com sua conservação. O de biologia do solo atende culturas de grande interesse econômico, como feijão, soja, cereais e gramíneas (como a cana-de-açúcar), com o objetivo de estabelecer uma agricultura produtiva e não-prejudicial ao ambiente. Os trabalhos nesse programa envolvem bactérias simbiontes e não-simbiontes; técnicas modernas de biologia molecular têm sido introduzidas para auxiliar as metodologias clássicas. O programa de conservação do solo estuda problemas como erosão hídrica e eólica, degradação das propriedades do solo, mecanização agrícola e uso da terra. Conta com 150 pesquisadores em 22 unidades de pesquisa espalhadas pelo país, embora os projetos se concentrem mais na região Sudeste (50%). São desenvolvidos projetos de pesquisa relacionados a perdas de água no solo, microbacias, fertilidade do solo, monitoramento ambiental, sistemas de manejo e cobertura do solo, entre outros.

Extensão rural

Entre as quatro subáreas da agronomia, esta é a menos desenvolvida. Não obstante, é de grande importância para o país, na transferência da tecnologia gerada em laboratórios e estações experimentais de pesquisa para o agricultor. Existem na subárea dois cursos de pós-graduação em nível de mestrado (Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, e Universidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul). Embora existam serviços de extensão em vários estados brasileiros, o grande sistema é o Sibrater (Sistema Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural), criado em 1990 em substituição à Embrater e que, atualmente, é coordenado pela Embrapa. Seus objetivos são os de transferir tecnologia, aumentar a articulação entre as instituições geradoras de tecnologia e as transferidoras, e pesquisar, através de programas, os processos de transferência de tecnologia, com base na realidade da demanda dos produtores e nas características regionais. Estão sendo implantados os sistemas de informações gerenciais para pesquisa/extensão que visam capacitar cerca de três dezenas de técnicos em gestão de qualidade total, uma centena em gestão para mudanças e bibliotecárias no uso do *software* de documentação, além de manter pelo menos 70 extensionistas com treinamento no nível de mestrado. A formação e a capacitação na subárea têm sido objeto de vários seminários e estudos, não só no Brasil como em toda a América Latina (FAO, 1987; 1988a; 1988b).

As pesquisas nas principais plantas cultivadas

Não é finalidade, nem seria possível apresentar aqui um estudo detalhado do desenvolvimento das pesquisas em cada uma das culturas exploradas economicamente no Brasil. Uma síntese de todos os programas nacionais, coordenados pela Embrapa, pode ser encontrada em uma publicação da empresa (Pronapa, 1993), e em publicações de cadastros de pesquisa disponíveis nas diferentes instituições de ensino e pesquisa na área de ciências agrárias no Brasil, como o cadastro de pesquisas em andamento na Esalq/USP (1992), os da Unesp, de Botucatu (1992a; 1992b), o da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (1992) e os próprios relatórios anuais das agências de financiamento estaduais e federais de pesquisa, destacando-se o da Fapesp (1991).

Com base nessas publicações, fica claro que certas culturas concentram um maior número de pesquisas que outras. Revelam também o caráter fortemente regional de certas culturas e, conseqüentemente, das pesquisas envolvidas, além de demonstrarem que nem sempre culturas de maior valor econômico são priorizadas, indicando o caráter casuístico e não-dirigido das pesquisas no Brasil em relação às prioridades nacionais. A cultura da cana-de-açúcar, por exemplo, sofreu forte impacto negativo em suas pesquisas em virtude da extinção do Planalsucar, órgão governamental encarregado do assunto até 1990 e que gerou variedades e sistemas extremamente úteis para o progresso da cultura da cana-de-açúcar no país. Embora os estudos continuem sendo feitos em escolas de agronomia, especialmente a Esalq/USP, eles não têm uma programação definida, nem a integração desejada para solucionar prontamente os problemas que vão surgindo. O mesmo ocorre com culturas como a do café, cuja pesquisa está praticamente concentrada em instituições estaduais que vêm passando por uma crise de recursos humanos e equipamentos. Além do mais, nem todas as culturas têm pesquisas

em número compatível com sua importância econômica atual ou potencial, como é o caso de certas fruteiras de clima tropical e hortaliças.

Estado-da-arte e perspectivas na área de agronomia

A avaliação de trabalhos publicados no Brasil e exterior nessa área revela uma certa semelhança quanto aos objetivos a serem atingidos. Entretanto, a pesquisa brasileira na área vem acumulando uma defasagem devido a dois fatores principais:

• introdução de novas tecnologias, principalmente as oriundas da tecnologia do DNA recombinante e biologia molecular, que não vêm sendo absorvidas na velocidade apropriada; existe um esforço no treinamento de pessoal nessas tecnologias, com o envio de pesquisadores ao exterior, e novos centros vêm sendo implantados no país, porém de maneira casuística e de forma errática; entretanto, embora lentamente, as novas tecnologias vêm sendo aos poucos implantadas em laboratórios e utilizadas por grupos tradicionais na área de fitotecnia e de forma menos evidente, em fitossanidade;

• sucateamento de equipamentos e sua não-reposição, em virtude das condições precárias por que passam as instituições de financiamento à pesquisa no país no âmbito federal. Isto está ampliando a distância que separa os pesquisadores de centros mais avançados do exterior, em relação aos do Brasil. O retorno do pessoal treinado em novas tecnologias no exterior está sendo frustrante em virtude das condições encontradas, com falta de equipamento e de insumos, agravadas pelas dificuldades de contratação e baixos salários nas universidades.

O grande desafio dos próximos anos vai ser a criação de tecnologias que aumentem a produtividade agrícola sem causar degradação do meio ambiente, conferindo ao país autonomia e uma posição privilegiada na área, além de uma liderança em relação a outros países localizados em regiões tropicais e subtropicais. O resultado deve ser o aumento de produtividade, a conservação do ambiente e da biodiversidade e a conseqüente melhoria na qualidade de vida do brasileiro. De acordo com relatório do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq (1992a), para serem atingidas essas metas requerem a adoção de medidas que incluem treinamento de pessoal tanto no Brasil quanto no exterior, em áreas carentes, além da renovação de equipamentos, de facilidades de aquisição de insumos para pesquisas e de salários condizentes. As instituições de pesquisa devem também se empenhar na otimização do material humano disponível, nem sempre de boa qualidade. A redução dos quadros de pesquisadores pela eliminação de ociosos e contratação de pessoal qualificado e potencialmente produtivo é uma medida que tem de ser tomada a curto prazo, para que haja uma

valorização dos esforços despendidos por boa parte dos pesquisadores na maioria das instituições. Na pesquisa aplicada é necessário um direcionamento, para que objetivos de real valor para a agricultura brasileira possam ser atingidos a curto e médio prazos. Recentes avanços como o da fruticultura de clima temperado e subtropical, elevação da produtividade em cana-de-açúcar e introdução de culturas vegetais em regiões antes não apropriadas, como é o caso de várias culturas hoje existentes no cerrado, são exemplos de que programas bem definidos podem atingir os resultados esperados.

O maior gargalo são as condições de infra-estrutura e apoio para a pesquisa. A Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o CNPq praticamente suspenderam o auxílio à pesquisa a partir de 1991. Os baixos salários tornam pouco atraente a entrada de pesquisadores competentes nas instituições de ensino e pesquisa do país. Gera-se, assim, um círculo vicioso, onde a ineficiência resulta em baixos salários e vice-versa. O simples treinamento de pessoal torna-se ineficaz, devido às precárias condições encontradas após o treinamento e regresso ao local de trabalho. Apesar desses fatores negativos, algumas medidas preconizadas pelo CNPq (1992a), além de outras decorrentes da própria situação da grande área descrita neste trabalho, podem ser tomadas, como:

• ampliar a formação de pessoal, priorizando as bolsas de iniciação científica e treinamento de pesquisadores e docentes no exterior, por meio de bolsas-sanduíche, com duração de cerca de um ano, mais eficientes e menos dispendiosas para o país;

• priorizar projetos integrados envolvendo pesquisadores de diferentes instituições, em tópicos de interesse para a agricultura nacional;

• desenvolver bases sólidas, introduzindo novas tecnologias que deverão ou substituir ou ser acrescentadas às técnicas clássicas, e permitir uma integração sadia de pesquisadores com domínio em uma ou outra tecnologia;

• estabelecer centros de excelência, oferecendo condições de trabalho apropriadas aos seus pesquisadores; esses centros funcionariam como verdadeiros pólos de difusão de conhecimentos e treinamento de pessoal de centros menos desenvolvidos ou emergentes;

• buscar priorizar estudos de culturas de importância econômica para o país e de novos produtos e processos, característicos de regiões tropicais e subtropicais, e que poderiam ser mais bem utilizados não só no Brasil, como estendidos a outros países.

4. Área de engenharia florestal

A importância dessa área das ciências agrárias fica clara quando se considera que, só na região amazônica, o Brasil concentra 30% da reserva mundial de florestas tropicais densas, com um potencial madeireiro de 16 bilhões de metros cúbicos. Através de exportações, o Brasil aufere uma receita de US$2,5 bilhões anuais, com destaque para celulose e papel. Para atender às necessidades de produção de celulose, papel e carvão vegetal, são reflorestados 250.000ha anualmente no Brasil. Apesar de tudo, apenas 24% das necessidades madeireiras do país são supridas pelo reflorestamento; o restante provém da depredação anual de cerca de 3 milhões de hectares de florestas nativas. Somando-se a tudo isso a importância que as florestas desempenham na conservação do solo, na qualidade da água e no bem-estar em geral, pode-se aquilatar a necessidade de manter um elevado nível de pesquisas em engenharia florestal. O Brasil tem cerca de 20 grupos ativos na pesquisa em engenharia florestal. No que se refere à formação de recursos humanos, são 15 os cursos de graduação, o primeiro deles implantado em Minas Gerais e transferido para a Universidade Federal do Paraná, que formou seus primeiros engenheiros florestais em 1964. Há cursos em todas as regiões do país, como sempre com predominância do Sudeste. No entanto, apesar da disponibilidade de 680 vagas nesses cursos, formam-se apenas cerca de 150 engenheiros florestais anualmente, devido à pequena demanda de alunos e ao bom número de desistências. Do ponto de vista quantitativo, a situação é boa e a qualidade dos formandos varia com os cursos de origem. Na pós-graduação, são seis cursos de mestrado e dois de doutorado, mostrando que a área é bem menos suprida que a de agronomia, o que, aliás, seria de se esperar, considerando-se que o ensino em ciências florestais é ainda recente no Brasil e que é uma área bem mais limitada que a da agronomia.

O desenvolvimento das pesquisas em engenharia florestal

Os grupos de pesquisadores em engenharia florestal em geral estão localizados em instituições de ensino superior que mantêm cursos de pós-graduação, na Embrapa — no Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, em Curitiba e, em menor escala, em outros de seus centros como o agroflorestal do Amapá e da Amazônia —, em algumas poucas instituições estaduais de pesquisa e em empresas privadas. Só na Embrapa existem cerca de 60 pesquisadores nessa área, estimando-se um total de 200 no Brasil.

Segundo relatório do CNPq (1992d), a área de engenharia florestal no Brasil tem tido progressos consideráveis, especialmente na formação, condição e aproveitamento de florestas de rápido crescimento para atender à demanda de madeira, produção de papel e celulose, carvão para a siderurgia e produção de chapas e aglomerados.

Em relação ao conhecimento de espécies florestais nativas, o avanço tem sido lento, em virtude da pequena força de trabalho na área. O Centro Nacional de Pesquisas de Floresta da Embrapa em Curitiba dedica-se à produção de sementes melhoradas de eucalipto, controle biológico de insetos-pragas de eucaliptos, técnicas de produção de mudas de várias essências florestais, principalmente a imbuia, erva-mate, bracatinga, acácia-negra, guapuruvu, eucaliptos e *Pinus*. Técnicas de coleta, beneficiamento, armazenamento e germinação de sementes de várias espécies têm sido pesquisadas. O Centro Agroflorestal do Amapá tem procurado aproveitar áreas degradadas com *Sclerolobium paniculatum*, espécie florestal para madeira e carvão; o Centro Agroflorestal de Roraima apresentou recomendações para recuperação de áreas desmatadas e o Centro Agroflorestal da Amazônia (Cpatu, Belém, PA) desenvolve técnicas de manejo e exploração de florestas nativas com rendimento auto-sustentado, permitindo a conservação dos ecossistemas e com a economicidade de empreendimentos florestais.

De grande importância para a área e empreendimento pioneiro no Brasil é a associação de empresas com universidades e instituições de pesquisa. O Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef) foi criado há 25 anos na Esalq/USP, em Piracicaba, reunindo cinco empresas privadas (Champion, Duratex, Rigesa, Ind. Papel Léon Feffer e Madeirit) para resolver problemas na área. Hoje, conta com 23 empresas associadas, e os resultados obtidos têm sido surpreendentemente bons. Basta citar que a média de produtividade, que estava na faixa de $15m^3$/ha/ano, aumentou para $30m^3$/ha/ano nas empresas associadas ao Ipef. Esse instituto contribuiu, através de pesquisas básicas e formação e treinamento de pessoal para atuação nas empresas, com esse aumento de produtividade. Seu centro de sementes, reconhecido pela FAO, é o maior do hemisfério sul em material genético, com comercialização de 3t de sementes por ano, exportadas inclusive para a Indonésia, a Venezuela e a Tailândia. Suas empresas associadas localizam-se na Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Ipef, 1993). A iniciativa foi seguida por outras instituições. Atualmente, além do Ipef, surgiram duas outras instituições similares, o Fundo de Pesquisas Florestais (Fupef), em Curitiba, PR, e a Sociedade de Investimentos Florestais (SIF), em Viçosa, MG. Além dos institutos estaduais de pesquisa, como o Instituto Florestal de São Paulo, que comercializa 23t de sementes anualmente, as escolas de agronomia também desenvolvem pesquisas, especialmente em *Pinus*, eucaliptos, outras essências florestais, reflorestamento, celulose, papel etc.

À semelhança do que ocorre na área de agronomia, a Embrapa coordena também uma pesquisa integrada, o Programa Nacional de Pesquisas em Florestas, que reúne 138 projetos em andamento (Pronapa, 1993). Os objetivos gerais do programa são:

• o desenvolvimento de sistemas de produção para florestas, com aumento de produtividade e qualidade da madeira, e redução dos custos de exploração, transporte e processamento de matérias-primas florestais, com aumento de eficiência;

• desenvolvimento de sistemas que possibilitem o manejo racional de florestas, visando utilizá-las de forma sustentada e conservando a biodiversidade dos ecossistemas;

• desenvolvimento de sistemas agroflorestais, objetivando a otimização do uso da terra em regiões pouco desenvolvidas e de equilíbrio ambiental precário, e a obtenção integrada de alimentos, madeiras e outros produtos florestais.

O programa é responsável por 35% da pesquisa florestal realizada no país, e conta com 93 pesquisadores envolvidos nos projetos em andamento. Os resultados de maior relevância foram o aumento de produtividade em *Eucalyptus grandis*, com redução de 33% no custo da madeira e o aumento da produtividade em *Pinus* temperados na região sul, com redução de 28% do custo da madeira em pé. As linhas de pesquisa priorizadas foram o melhoramento e conservação genética vegetal, a silvicultura e manejos florestais e a agrossilvicultura. Mais recentemente, algumas instituições têm dado ênfase ao uso de modernas biotecnologias, especialmente a análise direta do DNA.

Estado-da-arte e perspectivas da engenharia florestal

A engenharia florestal está consolidada mundialmente. Ela teve origem na Alemanha, em meados do século passado, difundiu-se pela Europa, Ásia e África, e atingiu o continente americano via EUA, Canadá e alguns países da América Latina (CNPq, 1992d). No Brasil, a engenharia florestal é uma atividade recente e os cursos de graduação só foram implantados há cerca de 30 anos. O Brasil encontra-se em posição de destaque com relação aos países em desenvolvimento, mesmo com relação aos mais desenvolvidos, e tem boa eficiência, graças às suas excelentes condições climáticas. Um exemplo dessa vantagem é o curto tempo, de apenas sete anos, para explorar economicamente uma floresta de eucalipto, enquanto, no Canadá, as melhores essências florestais levam 70 anos para se tornar economicamente viáveis.

Entretanto, a exemplo de outras áreas, a engenharia florestal no Brasil carece de uma infra-estrutura adequada para melhor desempenho. Os maiores gargalos são a falta de recursos para equipamentos e para contratação de maior número de pesquisadores efetivamente envolvidos na resolução de problemas florestais, a dificuldade de transferência da tecnologia gerada para o setor produtivo e, como sempre, a falta de um planejamento mais adequado, regional e nacional, para atender às prioridades da área. A integração universidade/setor privado vem-se tornando cada vez mais forte, graças à criação do Ipef, da SIF e do Fupef.

As principais ações recomendadas pelo CNPq para o desenvolvimento da área são a formação de recursos humanos no exterior, para atender a uma demanda de 30 solicitações anuais, o incremento de bolsas de iniciação científica e de aperfeiçoamento e o incremento de recursos para o financiamento a pesquisas de bom nível. Também foi recomendado o apoio a programas integrados financiados por agências de fomento à pesquisa, sempre que técnicas avançadas possam ser introduzidas lado a lado com as técnicas tradicionais. As áreas de pesquisa a serem priorizadas são as ambientais, visando a proteção e manutenção do equilíbrio biológico, com pessoal atuante nas áreas de ecologia, avaliação de alterações do ambiente, agrossilvicultura e controle biológico de pragas, além do apoio à moderna biotecnologia, especialmente nos programas de melhoramento genético.

5. Áreas de zootecnia, medicina veterinária e aqüicultura

Pela sua grande extensão territorial e condições de clima e topografia, o Brasil é um país privilegiado para o desenvolvimento da pecuária. Há um imenso potencial de produção de carne e leite em regime de pasto, explorando as dimensões continentais do país, disponibilidade de solo, água e energia solar (Aciesp & Secretaria de Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1978b).

Entretanto, a eficiência biológica e econômica da produção animal no Brasil está aquém da desejada. Na bovinocultura, os dados atuais só são comparáveis com os de países de alta tecnologia no final do século passado, sinalizando uma defasagem de 90 anos. O leite é de qualidade inferior, o potencial genético é baixo, o abate de animais e o início da vida reprodutiva são tardios, e o desfrute de rebanhos é baixo. O mesmo ocorre com outros rebanhos, com exceção dos suínos no Sul e Sudeste do país e de aves, em que a introdução de material genético superior para ovos e carne e alta tecnologia na alimentação, sanidade, instalação e manejo tornam a avicultura competitiva com a do exterior (Packer, 1987). A expansão dos rebanhos é limitada e a alternativa mais viável é o aumento de produtividade, pelo emprego de sistemas de produção mais eficientes. Além disso, doenças causadas por agentes infecciosos e parasitários concorrem para quebras de produtividade onde as condições climáticas favorecem a sua proliferação, como é o caso do Brasil.

Todos esses fatores justificam um incremento da pesquisa. Nesse particular, as áreas das ciências agrárias envolvidas são a medicina veterinária, zootecnia e engenharia de pesca/aqüicultura. São três áreas com características próprias, mas tão imbricadas que fica difícil analisá-las em separado.

A medicina veterinária tem como objetivo o aumento da produtividade animal, pelo estudo e controle de zoonoses e controle sanitário dos alimentos de origem animal. Incluem-se aí várias subáreas como a clínica e cirurgia veterinárias, medicina veterinária preventiva, patologia animal e inspeção de produtos de origem animal. Essas subáreas são extremamente correlacionadas com as de zootec-

nia, como nutrição animal, manejo e melhoramento animal. É também estreito o relacionamento com as áreas de alimentos e saúde humana, biológica e fisiológica (CNPq, 1992e).

A zootecnia, por sua vez, trata do estudo da criação e aperfeiçoamento de animais domésticos, visando a maior oferta de produtos de origem animal. Suas subáreas incluem o melhoramento genético, pastagens e forragicultura, nutrição e alimentação animal, ecologia dos animais domésticos, etologia, e produção e manejo de animais domésticos. Também nesse caso, há um íntimo relacionamento com outras áreas das ciências agrárias, em especial a medicina veterinária, agronomia (fitotecnia, sanidade vegetal e ciências do solo), ciências biológicas (botânica), alimentos e engenharias agroindustriais.

Finalmente, a engenharia da pesca, no caso o segmento aqüicultura, abrange o estudo de recursos pesqueiros marinhos e de águas interiores.

Os recursos humanos nas áreas de medicina veterinária, zootecnia e aqüicultura são gerados inicialmente nos 32 cursos de graduação existentes no país, com disponibilidade de 2.638 vagas e nos 16 cursos de graduação em zootecnia, com disponibilidade de 920 vagas anuais (dados de 1990). Os cursos de pós-graduação em medicina veterinária iniciaram-se em 1968 e hoje existem, nas diversas subáreas, 21 cursos no nível de mestrado e sete de doutorado, com forte predominância de localização no Sudeste, onde estão todos os cursos de doutorado e 71,4% dos de mestrado. No nível de pós-graduação, existem 14 cursos de mestrado e três de doutorado. Existem, ainda, dois cursos de mestrado em aqüicultura. Uma estimativa feita pelo CNPq revela que a força de trabalho na área de zootecnia no Brasil é constituída por 820 pesquisadores, dos quais 667 com mestrado e/ou doutorado.

Na área de medicina veterinária os números são equivalentes aos da área de zootecnia e, na aqüicultura, muito menores. Só no período de 1981-91, foram concedidas 1.290 bolsas de mestrado e 369 de doutorado a pós-graduados em medicina veterinária, e 1.468 de mestrado e 313 de doutorado, a pós-graduados na área de zootecnia, atestando a rápida multiplicação de recursos humanos nessas áreas das ciências agrárias.

Pesquisas nas áreas de medicina veterinária, zootecnia e aqüicultura

Pesquisas em doenças, nutrição animal, reprodução animal e técnicas de inseminação artificial, transplante de embriões entre outras, tanto na área de medicina veterinária quanto na de zootecnia e aqüicultura, envolvem, em diferentes escalas, os principais animais domésticos. As pesquisas estão concentradas em escolas de veterinária, zootecnia e agronomia, nos centros da Embrapa e em poucas instituições estaduais de pesquisa. Dados detalhados sobre o andamento das pesquisas encontram-se, por exemplo, na publicação do Pronapa (1993) e no relatório de atividades da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (1992). Nos programas nacionais de pesquisa, a área de zootecnia e,

em especial, os bovinos são priorizados. Já os projetos financiados pelas agências estaduais de pesquisa, embora favoreçam pesquisas com bovinos, têm um maior equilíbrio entre trabalhos de medicina veterinária e zootecnia.

Estado-da-arte e perspectivas nas áreas de zootecnia, medicina veterinária e aqüicultura

O Brasil tem um dos mais numerosos rebanhos do mundo. Entretanto, a produtividade está muito abaixo da obtida na Austrália, EUA e Europa. A taxa de desfrute dos rebanhos é pequena, de apenas 12% nos bovinos, se comparada com as da Argentina (31%) e EUA (42%). A expansão limitada dos rebanhos torna o aumento da produtividade o objetivo principal das pesquisas, o que pode ser conseguido principalmente por combinação de genótipos superiores, alimentação e controle de doenças. A má alimentação dos rebanhos é um dos principais fatores da baixa produtividade e, no Brasil, existem ainda poucos estudos sobre sanidade animal, considerando-se sua importância para um país de clima tropical. As instituições de pesquisa onde são realizados os trabalhos de experimentação e investigação enfrentam problemas de falta de recursos financeiros e humanos.

Tendo em vista esse quadro, as prioridades estabelecidas em relatório do CNPq (proposta orçamentária, CNPq, 1992e) são: maior atendimento à demanda para trabalhos em medicina veterinária preventiva, doenças da esfera reprodutiva, patologia, inspeção de produtos de origem animal, zoonoses, doenças carenciais e metabólicas, e introdução de novas biotecnologias.

Na área de zootecnia, as sugestões são priorizar os campos de nutrição e alimentação animal, substituindo-se produtos nobres como milho e soja por subprodutos da agroindústria, estudo de forrageiras nativas, melhoramento genético animal, visando a obtenção de linhagens de aves, suínos e bovinos de alta precocidade e produtividade. Também sugere-se a avaliação e manutenção de raças mais rústicas, com melhor utilização de caprinos e bubalinos. Com relação aos sistemas de produção, propõe-se adequá-los às diversas regiões do país e, finalmente, a preservação e multiplicação de espécies nativas pouco exploradas, como a capivara, cateto e outras, como vem sendo feito na Esalq/USP e na Unesp/Jaboticabal.

Na aqüicultura, a prioridade é o aproveitamento mais racional dos recursos pesqueiros existentes e o desenvolvimento do cultivo de novas espécies. Um subprograma especial de ciência e tecnologia em produção animal (PCTPA) foi criado no âmbito do CNPq e da Finep, tendo como objetivos a articulação de esforços das agências financiadoras visando atacar os pontos críticos da produção animal, o desenvolvimento de processos de acompanhamento, o fornecimento de infra-estrutura básica, e o desenvolvimento de tecnologias e processos, capazes de contribuir para o aumento da produção e da produtividade. Esse programa abrange os bovinos (leite e corte), bubalinos, ovinos e caprinos.

Atualmente, ao lado de tecnologias clássicas e que muito têm ainda a oferecer, com vistas ao objetivo principal de aumento de produtividade, é possível lançar mão de outras tecnologias como: inseminação artificial, transplante de embriões, superovulação, engenharia genética, análise direta do DNA no suporte à genética quantitativa e, conseqüentemente, no melhoramento genético animal, informática e sistemas de registros do desempenho animal, reagentes de diagnósticos, controle do sexo na progênese, congelamento de embriões, fertilização *in vitro*, manipulação de microrganismos do rúmen etc. Para aplicação conjunta de técnicas clássicas e modernas, são necessários uma maior integração de instituições de pesquisa e pesquisadores, em um esforço multi e interdisciplinar, e o estabelecimento de prioridades, de acordo com as reais necessidades do país. Valem aqui as mesmas observações feitas no caso da área de agronomia visando a formação de recursos humanos qualificados no país e exterior, nesse caso principalmente por meio de bolsas-sanduíche. A multiplicação de recursos humanos pode ser conseguida a médio prazo pelo incentivo às bolsas de iniciação científica, especialmente em centros de pesquisa consolidados, uma vez que é evidente o alto aproveitamento de bolsistas de iniciação científica após sua graduação em cursos de pós-graduação, e posterior aproveitamento em instituições de ensino e pesquisa onde irão, em progressão geométrica, treinar novos bolsistas. Para que o programa funcione, entretanto, é preciso oferecer boas condições de trabalho, de forma a atrair os mais capacitados.

6. Área de engenharia agrícola

A engenharia agrícola visa a racionalização da infra-estrutura, realizando um sistema integrado de produção com maximização de mão-de-obra e otimização do consumo de energia e redução de perdas. Com cinco regiões geofísicas, cada uma delas com suas peculiaridades, o Brasil oferece restrições ao emprego de várias tecnologias para a exploração agrícola. Por sua vez, a expansão da fronteira agrícola ocorre em áreas de difícil acesso à tecnologia existente ou importada, configurando problemas que buscam soluções na engenharia agrícola (Marchetti, 1987).

Embora fizesse parte das escolas de agronomia, o setor de engenharia agrícola foi sempre relegado a segundo plano em razão da prioridade conferida às ciências biológicas. Embora cursos específicos de engenharia agrícola existam há muitos anos em países do Primeiro Mundo, só em 1978 a profissão foi regulamentada no Brasil, após a formatura da primeira turma de engenheiros agrícolas na Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, em 1977. Hoje, existem oito cursos de graduação na área, com cerca de 400 vagas anuais. Ao lado dos

cursos de graduação, também iniciaram-se cursos de pós-graduação. Existem no Brasil, nove cursos de mestrado e três de doutorado (tabela 3).

Tabela 3
Cursos de pós-graduação na área de engenharia agrícola no Brasil

Região	Instituição	Curso	Ano de início		Conceitos Capes	
			Mest.	Dout.	Mest.	Dout.
Nordeste	UFCe (CE)	Irrigação e drenagem	1973	–	B	–
	UFPb (PB)	Engenharia agrícola	1987	–	C	–
Sudeste	UFV (MG)	Engenharia agrícola	1979	1989	A	S/C
	Esalq/USP (SP)	Irrigação e drenagem	1977	1990	A	S/C
	Esal (MG)	Engenharia agrícola	1990	–	S/C	–
	Esalq/USP (SP)	Máquinas agrícolas	1989	–	B	–
	Unicamp (SP)	Engenharia agrícola	1977	–	B	–
	Unesp/Bot (SP)	Irrigação e drenagem	1988	1988	B	B
Sul	UFSM (RS)	Engenharia agrícola	1976	–	B	–

A área é dividida em cinco subáreas: armazenamento e processamento de produtos agrícolas, engenharia de água e solo (irrigação e drenagem), mecanização agrícola, construções rurais e ambiência, e energização rural. Os grupos brasileiros que atuam na área estão localizados no Nordeste (UFCe e UFPb), Sudeste (UFV, Esalq/USP, Esal, Unicamp, Unesp, IAC), e Sul (UFRS, UFPEL, UFSM e Iapa), além de centros da Embrapa localizados em diversas regiões do país, que também estão envolvidos em subáreas da engenharia agrícola.

A engenharia agrícola é uma área relativamente nova dentro das ciências agrárias, mas com crescimento relativamente rápido, embora com carência de infra-estrutura laboratorial e de equipamentos. Nas subáreas de irrigação e drenagem e armazenamento e processamento de grãos já existe uma massa crítica mínima qualificada. As outras três subáreas ainda requerem crescimento qualitativo e quantitativo. Houve um incremento de 81% na concessão de bolsas no país pelo CNPq em 1991, com 178 bolsas concedidas ou recomendadas, e um aumento de 51% nas bolsas para o exterior, com 73 bolsas aprovadas (CNPq, 1992c).

Armazenamento e processamento de produtos agrícolas

Seu objetivo é realizar pesquisas para gerar tecnologias relacionadas ao beneficiamento, secagem e armazenagem na propriedade agrícola. As linhas de

pesquisa priorizadas são: pré-limpeza de grãos; máquinas e equipamentos de secagem e aeração de produtos agrícolas; transferência de produtos agrícolas; tratamento de produtos armazenados com estimativa de danos e perdas; armazenamento de sementes; desenvolvimento de máquinas e equipamentos para pré-processamento, manuseio e armazenagem de produtos agrícolas.

Irrigação e drenagem

É a subárea mais desenvolvida entre as cinco que compõem a engenharia agrícola. Realiza pesquisas sobre a utilização racional da água e do solo, envolvendo a avaliação das disponibilidades, demanda, armazenamento, condução e distribuição, qualidade, e usos e manejos apropriados para a propriedade rural. Está intimamente relacionada às áreas de ciência do solo e à climatologia. As linhas de pesquisa priorizadas são as de hidrologia da superfície e subterrânea, características físico-hídricas do solo, determinação de parâmetros básicos para a irrigação, relações solo-água-planta, salinidade dos solos, prevenção e controle da erosão, engenharia hidráulica e de irrigação e drenagem, agroclimatologia (regime hídrico, previsão de tempo) e economia de projetos.

Embora não enquadrada na engenharia agrícola, vale citar uma outra subárea, a agrometeorologia, com grande interface com a subárea de irrigação e drenagem. Nela funciona um programa envolvendo 40 instituições brasileiras, inclusive com dois cursos de pós-graduação em agrometeorologia apoiando práticas de irrigação, com forte enfoque na conservação de recursos naturais. Os principais centros envolvidos com a agrometeorologia no Brasil são a UFV, Esalq/USP, Unesp/Jaboticabal, Instituto Agronômico de Campinas, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Unesp/Botucatu, Esal, Iapar, UFRGS/Ipagro, Embrapa (Cpac, Cpatu, CNPAF), UFSM e Instituto Astronômico e Geofísico da USP. Nos últimos anos, o grupo de agrometeorologistas do país tem estado bastante ativo. De 1981 a 1991, foram publicados cerca de 300 trabalhos na subárea, por pesquisadores brasileiros, cerca de 10% dos quais no exterior.

Mecanização agrícola

Pesquisa interações operador-máquina-solo-relevo e planta, com o objetivo de melhorar o processo de produção agrícola com diminuição dos custos de produção. Entre suas linhas principais de pesquisa desenvolvidas no país, estão: emprego de máquinas movidas por motores (turbinas, rodas d'água, moinhos de vento etc.); emprego de motores de combustão interna; emprego mais eficiente de energia a ração animal; máquinas, implementos e ferramentas para preparo do solo, semeadura, plantio, tratamento fitossanitário, adubação e aviação agrícola; máquinas e equipamentos para colheita e transporte de produtos agrícolas; máquinas e equipamentos de secagem de produtos agrícolas; máquinas e equipamentos para pré-processamento, manuseio e armazenagem de produtos agrícolas; máquinas e técnicas de controle da erosão; e estudo de simulação de processos mecanizados das principais culturas, máquinas de bombeamento de água para irrigação, drenagem e recuperação de várzeas ou terras inundadas.

Construções rurais e ambiência

Visa pesquisar instalações adequadas para o homem do campo e animais e o emprego de materiais disponíveis no campo. Suas principais linhas de pesquisa, no Brasil, são: materiais de construção; estudo da forma funcional das construções; técnicas de construção; equipamentos diversos (cercas eletrificadas, ordenhadoras mecânicas, incubadoras, removedores de dejetos etc.), fisiologia, ambiência e produtividade de animais e plantas, isolamento térmico de construções; iluminação natural e artificial; isolamento e sombras; ventilação mecânica e natural; umidificação e desumidificação do ar ambiente; saneamento rural.

Energização rural

Tem o objetivo de desenvolver e adequar a oferta de energia como insumo para o aumento de produtividade na propriedade agrícola. Suas linhas prioritárias de pesquisa são: desenvolvimento de microdestilarias; uso de etanol como combustível; utilização de óleos vegetais como combustível; técnicas, manejo e equipamentos para a exploração de vegetais com fins energéticos; utilização de lenha, carvão e resíduos agrícolas com fins energéticos; utilização do biogás; utilização de energia solar no meio rural; aproveitamento de outros tipos de energia.

Programas de pesquisa e número de projetos nas subáreas

Abrangendo uma ou mais dessas subáreas da engenharia agrícola, a Embrapa coordena o programa nacional de pesquisa, de irrigação e drenagem, com cerca de 100 pesquisadores envolvidos. O programa já gerou tecnologias como o desenvolvimento de tanques de fertirrigação, a avaliação de custos de produção em culturas irrigadas, a adequação de aspersão em várias culturas e a produção de banana por irrigação em superfície.

Outro programa nacional de pesquisa, o de diversificação agropecuária — produtos diversos —, tem também gerado máquinas e equipamentos, como os de determinação do teor de óleo em sementes, água em sementes e outros órgãos vegetais, semeadeiras para várias culturas e plantio direto, e máquinas descorticadoras de sisal.

Tem-se também, no Brasil, dado ênfase a tecnologias geradas para o pequeno produtor, como o desenvolvimento de materiais de irrigação de fácil instalação e de grande economicidade, cisternas rurais para captação e armazenamento de água no Nordeste, plantadeiras e granuladeiras de tração animal mais econômicas e eficientes, pulverizadores de maior eficiência com redução em

25% dos custos, técnicas e equipamentos de armazenamento de grãos etc. (Pronapa, 1993, Embrapa, 1985).

Além disso, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo tem desenvolvido alguns equipamentos e técnicas em diversas subáreas da engenharia agrícola. Em 1991, essa secretaria desenvolveu processos de desinfestação do solo, com calor obtido da energia solar para uso em vasos, canteiros e viveiros; também desenvolveu uma semeadeira para diversas hortaliças e um protótipo de cultivador central, para controle de plantas invasoras em áreas de plantio direto, com a soja sucedendo o trigo (Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1992).

O número de projetos financiados pelas principais agências de fomento à pesquisa é ainda pequeno. O CNPq financiou, em 1991, apenas 27 projetos individuais (valor médio de US$6,000 por projeto) e nove integrados (valor médio de US$20,000 por projeto). A Fapesp, em 1991, financiou 33 projetos, especialmente em máquinas agrícolas (11) e irrigação e drenagem (nove), e a Fapergs, em 1992, financiou 17 projetos em engenharia agrícola, especialmente nas áreas de irrigação e drenagem (quatro), e armazenamento de produtos agrícolas (quatro).

Estado-da-arte e perspectiva da área de engenharia agrícola

A área tem quantidade regular de pessoal em irrigação e drenagem e armazenamento e processamento de grãos. É necessário um aumento quantitativo nas áreas de energização, ambiência e construções, e máquinas agrícolas. Além de pouca disponibilidade de pessoal, os pontos de estrangulamento são a infra-estrutura e a falta de integração entre universidades, centros de pesquisa e indústrias, bem como entre o pessoal de pesquisa e o de extensão rural. Embora consolidada internacionalmente, a engenharia agrícola tem um longo caminho a percorrer no Brasil até sua real implantação e consolidação; o número de publicações brasileiras na área é ínfimo, quando comparado com o de publicações do exterior. Mesmo para o Brasil, a qualidade e quantidade de publicações é bem inferior às de outras áreas das ciências agrícolas. Os impactos da engenharia agrícola oriundos da pesquisa são ainda pequenos, com ligeira melhora nas áreas de irrigação e drenagem, e armazenamento e processamento de produtos.

Recomendações e prioridades para o desenvolvimento da engenharia agrícola são, em parte, semelhantes às de outras áreas, e priorizam o aumento dos recursos humanos, especialmente através de bolsas de iniciação científica e treinamento no exterior. Segundo Marchetti (1987), um programa nacional de engenharia agrícola deveria priorizar, em um enfoque inter e multidisciplinar, a criação de tecnologia básica, atuar de forma integrada com entidades públicas e privadas envolvidas no setor e promover intercâmbio com entidades do exterior de larga experiência na área, na condução de trabalhos de pesquisa e intercâmbio em geral.

7. Área de alimentos

Embora a área de alimentos não seja realmente enquadrada nas ciências agrárias, pois não está diretamente relacionada com a produção de alimentos, em algumas classificações ela é considerada parte das ciências agrárias. Entretanto, ela não será analisada, bastando apenas mencionar que o primeiro curso de graduação foi criado na Unicamp, tendo como propulsor o Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Por sua vez, o Ital teve, na sua formação, fortes ligações com a Esalq/USP e esta talvez seja a razão da área de alimentos a ser classificada, em alguns casos, como pertencente às ciências agrárias. Hoje existem, no Brasil, 19 cursos de pós-graduação no nível de mestrado e seis de doutorado na área de alimentos. O primeiro curso de pós-graduação foi o de ciência de alimentos, criado na USP em 1968. Hoje, existem cursos no Norte (Inpa), Nordeste (UFCe e UFPb), Sudeste (UFRJ, UFMG, UFV, Esalq/USP, Esal, Unesp/Araraquara, Unicamp, UFSC) e Sul (UFPr, UEL, UFSM e UFPEL). A caracterização da área e o seu estado-da-arte no Brasil e no âmbito internacional podem ser encontrados em publicação que, embora desatualizada em certos aspectos, ainda é bastante útil em relação à definição, características gerais, subáreas, desenvolvimento da área no Brasil e às recomendações propostas (Mors, 1974).

8. Considerações finais e recomendações

Esse trabalho procurou demonstrar a grande abrangência e importância das ciências agrárias para o Brasil. Enfatizou as linhas de pesquisa prioritárias nas principais áreas e subáreas que constituem as ciências agrárias, dando exemplo de produtos obtidos e retorno que a pesquisa ofereceu em termos econômicos e sociais para nosso país. As principais deficiências e entraves para que os objetivos da pesquisa possam ser atingidos foram mencionados para as diversas áreas, e foram discutidas algumas iniciativas necessárias para superar as dificuldades. Em vários tópicos, foi feita uma comparação entre as pesquisas desenvolvidas no Brasil e no exterior. Os dados apresentados demonstram que, quantitativamente, o país dispõe de uma boa rede de instituições de ensino superior, embora mal distribuída, porque concentrada no Sudeste e Sul; qualitativamente, essas instituições apresentam grande heterogeneidade. Os centros de pesquisa se distribuem por todas as regiões, e o Brasil conta com a maior empresa de pesquisas agropecuárias do Terceiro Mundo, a Embrapa. As pesquisas, entretanto, carecem de maior objetividade, prioridades não são bem definidas, e há falta de integração inter e multidisciplinar. Há, também, uma queda de competitividade em termos

mundiais com a introdução lenta, no Brasil, das modernas tecnologias disponíveis, principalmente nos últimos 20 anos. A infra-estrutura de laboratório e campo tem sofrido pela falta de recursos destinados à pesquisa, particularmente nos últimos anos.

Com base no que foi apresentado, é possível sugerir algumas recomendações visando ao desenvolvimento harmônico e racional das ciências agrárias no Brasil, detalhadas a seguir.

Formação de recursos humanos e treinamento de pessoal

Como foi visto, a multiplicação de escolas de graduação no Brasil, especialmente nas últimas décadas, na área de ciências agrárias, resultou em uma disponibilidade razoável de vagas. Entretanto, a grande heterogeneidade dessas escolas revela a necessidade de um aprimoramento e reciclagem dos docentes, mesmo nos centros mais consolidados. A concentração de centros de ensino em ciências agrárias no Sudeste e Sul é, por sua vez, um traço comum a todas as grandes áreas do conhecimento. Propostas para reduzir essa assimetria regional seriam inócuas, a não ser que fossem adotadas medidas mais abrangentes para promover um desenvolvimento equilibrado em todo o país. Entretanto, é possível fazer recomendações com relação ao aprimoramento do pessoal docente e ao incentivo a bolsas de iniciação científica, destinadas a atender às necessidades de promoção de jovens pesquisadores que serão imprescindíveis, caso seja priorizada a área de ciências agrárias, tendo em vista o aumento da população brasileira e mundial, a diminuição de mão-de-obra no campo, a carência atual de alimentos, e outros problemas que só podem ser resolvidos com o aumento de produtividade agrícola e, conseqüentemente, o aumento de pessoal firmemente engajado em pesquisa.

O aprimoramento de pessoal de nível superior tem de ser feito principalmente através de cursos de mestrado e doutorado. Felizmente, graças a um esforço das instituições de ensino superior e do apoio decisivo da Capes, que, inclusive, desenvolveu um processo de avaliação reconhecido como de grande utilidade, o Brasil dispõe de um bom sistema de pós-graduação em ciências agrárias, que permite a formação de mestres e doutores no próprio país.

A tabela 4 mostra que tanto o fluxo de mestres e doutores quanto o número de alunos matriculados nos últimos cinco anos estão aumentando e que, em relação ao número total de pós-graduados e pós-graduandos no país, as ciências agrárias contribuem com mais de 10%, tanto em alunos matriculados, quanto em ingressantes e titulados. As mesmas percentagens se repetem com relação ao número de bolsas concedidas.

Tabela 4

Alunos matriculados e titulados por cursos de pós-graduação em ciências agrárias no país em 1986 e 1990

	Alunos da área de ciências agrárias				Total de pós-graduados no país			
	1986		1990		1986		1990	
	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.	Mest.	Dout.
Matriculados	2.700	750	3.100	1.000	18.500	5.400	25.000	8.250
Ingressantes	700	100	750	200	4.500	1.000	6.000	1.500
Titulados	500	60	400	110	2.000	600	3.000	1.000

Nota: Dados da Capes, números aproximados.

Os dados da tabela 5 mostram que, nas ciências agrárias, a agronomia está em posição superior às outras áreas, seguindo-se alimentos, medicina veterinária, zootecnia, engenharia agrícola e engenharia florestal. Nota-se aí uma tendência de concessão de maior número de bolsas de doutorado em relação às de mestrado, pelo menos em relação ao Programa Integrado de Capacitação de Docentes (Picd). A recomendação é de que esses percentuais sejam mantidos, com incremento no número de bolsas nas diversas áreas para estimular o retorno do pessoal qualificado às instituições de origem, ou mesmo seu ingresso em instituições de ensino mais carentes, melhorando a qualidade docente e permitindo a multiplicação de recursos humanos a médio prazo. O apoio às instituições e cursos de pós-graduação de bom nível tem se reforçado e aprimorado a prospecção de instituições e cursos em consolidação que, se apoiados, deverão oferecer condições apropriadas e estímulo a novos docentes qualificados em instituições de reconhecida competência.

Tabela 5

Bolsas de mestrado e doutorado concedidas pela Capes (Picd) em 1992 a alunos de pós-graduação nas diversas áreas de ciências agrárias, com relação ao número total de bolsas concedidas

Área	Números de bolsas (Picd)	
	Mestrado	Doutorado
Agronomia	65	113
Medicina veterinária	24	37
Zootecnia	15	21
Alimentos	16	47
Engenharia agrícola	17	14
Engenharia florestal	10	16
Total	147	248
Total Brasil	1.446	2.310

Nota: Dados da Capes.

O treinamento no exterior não deve ser esquecido. Os altos custos de taxas e manutenção de pós-graduandos no exterior e a existência de cursos semelhantes de bom nível no Brasil desaconselham a concessão de bolsas de pós-graduação no exterior no nível de mestrado. No caso do doutorado, ainda existem subáreas carentes e, nesses casos, o doutorado no exterior é viável, especialmente quando se busca introduzir novas tecnologias. A Capes concedeu, em 1992, 2.885 bolsas de pós-graduação no exterior, 123 das quais (5.9%) em ciências agrárias, principalmente nos EUA (48), França (24), Inglaterra (20), Espanha (16), Canadá (5), Alemanha (3) e, em menor escala, em outros países (7). Uma recomendação adicional seria canalizar um maior número de estudantes para países como Israel, China, Japão, Austrália e mesmo países da América Latina, onde funcionam centros internacionais de alto nível (Colômbia, México, Peru e Costa Rica, entre outros).

Uma opção bastante viável, atrativa e de menor custo seria o envio de pós-graduandos para o exterior, principalmente os que já estão realizando doutorado no Brasil, por meio de bolsas-sanduíche, com duração máxima de um ano. Com objetivos bem definidos, essas bolsas permitiriam que parte da pesquisa fosse realizada no exterior pelo aluno que, além de absorver e trazer novas tecnologias, teria oportunidade de vivência em centros de excelente nível e contatos importantes com pessoal de renome na área. Essas bolsas-sanduíche, além de reduzirem os custos, não provocam a desadaptação e frustração, tão freqüentes em novos PhDs que regressam ao país após vários anos de permanência no exterior.

É preciso, sobretudo, incentivar bolsas de pós-doutorado. Elas são essenciais para uma reciclagem de docentes com boa experiência, mas que necessitam de um treinamento no exterior, especialmente entrando em contato com novas tecnologias. São importantes também para recém-doutores que realizaram todo o curso no Brasil e que, demonstrando alta capacidade para a pesquisa, necessitam de um treinamento adicional no exterior. As bolsas de pós-doutorado têm, ainda, a vantagem do custo bem menor do que as de doutorado integral no exterior, uma vez que um ano é suficiente para que o treinamento possa ser realizado na maioria dos casos, e sem pagamento de taxas. Devem ser incentivadas também as bolsas de pós-doutorado no país, nas quais docentes de instituições recém-implantadas ou em consolidação se deslocariam para instituições de maior experiência no próprio Brasil.

Além do apoio ao treinamento por meio da pós-graduação, é importante reforçar os programas de iniciação científica. Está comprovado que um grande contingente de alunos de graduação com treinamento em pesquisa através da iniciação científica continua o seu treinamento no nível de pós-graduação. São dos alunos que recebem treinamento em pesquisa na graduação que emergem os melhores mestres e doutores, que se tornarão pesquisadores experientes a médio prazo. Em uma projeção para 1994, o CNPq recomendava a concessão, em todas as áreas e subáreas de ciências agrárias, de cerca de 4 mil bolsas de iniciação científica, atendendo a uma demanda cada vez maior, metade delas para a área de agronomia.

Ainda com relação ao treinamento, formação e reciclagem de pessoal, é preciso não esquecer o importante papel desempenhado pela vinda de pesquisadores visitantes do exterior, principalmente em áreas novas ou carentes. É observando *in loco* o estado atual da pesquisa em uma determinada área, subárea ou linha, que o pesquisador visitante pode aquilatar as iniciativas a serem tomadas e o tipo de treinamento de que os pesquisadores brasileiros necessitam, quando vão para o exterior. Eventos científicos não podem também ser esquecidos, pois em um país de grande extensão territorial eles facilitam o intercâmbio de informações e o maior aproveitamento de professores visitantes do exterior, para troca de idéias e informações.

Em resumo, na área de formação e treinamento de pessoal as recomendações são no sentido de prosseguir com o apoio à pós-graduação no país, incentivar bolsas tipo "sanduíche", de pós-doutorado e de iniciação científica, bem como a vinda de pesquisadores estrangeiros de alto nível e a realização de reuniões científicas.

Priorização de pesquisas e integração de pessoal

Já foi visto que, nas ciências agrárias, certas áreas, subáreas e linhas de pesquisa apresentam maior desenvolvimento quando comparadas com outras. Certas linhas de pesquisa e culturas dispõem de bom contingente de pessoal qualificado, com grande número de projetos em andamento ou concluídos. Outras se ressentem da falta de pessoal e de objetivos definidos. Isso seria compreensível se as áreas favorecidas fossem as prioritárias e vice-versa, o que muitas vezes não ocorre. Há necessidade, portanto, de uma definição de prioridades, especialmente em centros de pesquisa estaduais e federais. Se na universidade é compreensível uma certa dispersão nas pesquisas, visto que ela visa não apenas à resolução de problemas atuais, que é a maneira de gerar benefícios à comunidade que a sustenta, mas também abrir perspectivas para o futuro, isto é mais difícil de admitir em empresas e em outras instituições. Nesse caso, é importante detectar prioridades em um processo contínuo e cíclico, onde o início e término das ações convergem para os usuários, clientes e beneficiários. Após 20 anos de atividades, a Embrapa pretende desenvolver um enfoque de pesquisa e desenvolvimento que atinja exatamente os objetivos propostos (Embrapa, 1993a). Esse enfoque é aplicável a toda a área de ciências agrárias. Em resumo, as recomendações são de que sejam estabelecidas as seguintes etapas para a priorização de pesquisas:

- identificação de demandas, seleção de problemas prioritários, geração de idéias, avaliação e análise ambiental, sócio-econômica e de mercado. Nesse caso, pesquisadores, extensionistas, difusores, usuários, lideranças políticas e especialmente em *marketing* seriam os principais agentes, gerando um projeto de pesquisa e desenvolvimento;

- execução do projeto pelos pesquisadores, o que geraria tecnologias, processos e produtos semi-acabados;

• ensaios e adaptação desses "protótipos" em condições do sistema produtivo, com acompanhamento por pesquisadores, extensionistas e usuários, gerando tecnologias, serviços e produtos acabados;

• difusão dessas tecnologias, processos e produtos, tendo como agentes os extensionistas, pesquisadores e especialistas em *marketing*, gerando maior produção, renda e impacto social (Embrapa, 1993a).

Para que esse programa possa atingir o sucesso esperado, é necessária uma íntima integração dos agentes envolvidos, e, especialmente, dos pesquisadores. Não se pode desenvolver programas dessa natureza sem integração de pesquisadores de diferentes especialidades. A integração é difícil, mas pode ser conseguida a médio prazo pela indução das agências financiadoras apoiando pesquisa com prioridade para projetos integrados. Não se admite, hoje em dia, que um objetivo amplo seja atingido sem um enfoque inter, multi e transdisciplinar. Na grande área de ciências agrárias isso é altamente desejável. Por tradição, muitos centros de ensino e pesquisa no Brasil apresentam duplicidade de equipamentos, inclusive os mais sofisticados que, no dia-a-dia, são subutilizados. A implantação de laboratórios centrais, onde equipamentos seriam de uso comum a várias linhas e áreas de pesquisa, traria benefícios evidentes, como melhor utilização, facilidade de manutenção e menor custo.

Na priorização de pesquisas, a ênfase em processos e produtos no âmbito regional é importante. O Brasil tem uma agricultura e uma pecuária que muitas vezes têm facetas regionais. A busca de processos e produtos que possam beneficiar não só a região, mas também competir internacionalmente, é de extrema importância. Assim, uma recomendação final nesse item é que a busca de produtos ainda não desenvolvidos, mas de potencial regional, nacional, e com competitividade internacional, seja também priorizada, como é o caso de certas fruteiras típicas dos países tropicais. A priorização da pesquisa é sempre problemática e perigosa, mas pode ser feita, desde que casuísmos e interferências políticas sejam evitados. O momento é propício, e já existe maturidade e massa crítica suficientes em ciências agrárias para definir prioridades e estimular maior integração de pessoal.

Fica evidente que, para que o resultado de pesquisas em laboratório e campo, desenvolvidas em universidades e outras instituições, atinja o setor produtivo, agricultores e pecuaristas, é necessária a colaboração do usuário, de empresas privadas e do extensionista. A extensão rural é uma das mais carentes áreas das ciências agrárias; a integração universidade/instituição de pesquisa e empresa privada é ainda pequena no Brasil, em muitas áreas. Recomenda-se um maior esforço no sentido de desenvolver a extensão rural, e de favorecer a integração da pesquisa em instituições públicas com empresas privadas. Programas de formação de extensionistas, além de vantagens de dedução de impostos para empresas que invistam em pesquisa, já estão em andamento ou em estudo no Brasil, e serão de grande valor para que os resultados da pesquisa beneficiem o usuário e, conseqüentemente, toda a população.

Novas tecnologias, preservação do ambiente e qualidade

As décadas de 40, 50 e 60 foram marcadas pela busca do aumento da quantidade de produtos agrícolas, pelo desenvolvimento de processos mecânicos e químicos, com a máquina substituindo o homem, e pela tímida aplicação de processos biológicos, especialmente cruzamentos genéticos para obtenção de cultivares mais produtivos. Uma completa revolução ocorreu, principalmente a partir da década de 80, e que deve persistir na atual década. A quantidade, embora importante, está agora acoplada à qualidade dos produtos. A comunicação, a troca de informações rápidas e os modernos processos de computação tornam-se importantíssimos, e a biotecnologia vegetal e animal deu uma nova dimensão aos processos clássicos de melhoramento genético, fitossanidade e sanidade animal, entre outros. O desenvolvimento é tão rápido que a geração de conhecimentos e tecnologias alcançados ao longo de vários séculos corresponde a alguns poucos anos na atualidade. A demora para atualização hoje é crucial, e pode influir decisivamente para que esse tempo dificilmente seja recuperado. Assim, é imprescindível a incorporação de novas informações e tecnologias. Recomendação óbvia é a de incorporação dos novos conhecimentos, pela atualização das bibliotecas e outras fontes de informação, de modo que, rapidamente, elas estejam disponíveis aos pesquisadores. Para isso, é necessário um investimento não só em serviços de informação e bibliotecas, como no treinamento dos usuários, no caso pesquisadores, para que possam ser utilizadas e otimizadas as fontes de informação. Necessário é também que se criem mecanismos de rápida absorção das novas tecnologias, pelo treinamento de pessoal e modernização de laboratórios, visando à aplicação dessas tecnologias.

Atualmente, além da quantidade, a qualidade do produto é importante. O mercado consumidor está cada vez mais exigente, não absorvendo produtos de procedência duvidosa, qualidades organolépticas indesejáveis, poluídos por agroquímicos ou de visual não apropriado. O mercado exterior rejeita esses produtos, e o mercado brasileiro está se tornando também mais exigente, pelo menos nos grandes centros. Diante disso, a pesquisa, que até há pouco tempo se voltava exclusivamente para a maior produção e produtividade, terá de se adptar às novas exigências do mercado. Os cursos de graduação e pós-graduação em ciências agrárias, em geral, não se aperceberam dessas novas tendências, e a recomendação é que eles, rapidamente, formem pessoal consciente das modificações que ocorrem no mercado atual.

Principalmente, não é mais admissível a obtenção de uma alta produtividade ao custo de prejuízos ao ambiente. A preservação das condições de vida é primordial, e atinge todas as áreas das ciências agrárias. Processos de controle biológico, agricultura alternativa e manutenção do germoplasma vegetal e animal são extremamente importantes, e treinamento de pessoal, pesquisa e extensão devem operar em conjunto, sem o que perdem sentido os aumentos de produção e produtividade.

Investimentos em ciências agrárias

A formação e treinamento de pessoal, a realização de pesquisas mais definidas e integradas e a incorporação de novas tecnologias com aumento de qualidade e preservação do ambiente requerem maiores investimentos financeiros na pesquisa em ciências agrárias. Vale a pena exemplificar com alguns dados reais o que se investe em pesquisa em ciências agrárias, em comparação com outras áreas do conhecimento no Brasil. A Fapesp, maior agência de financiamento à pesquisa estadual, em 1991, investiu, em ciências agrárias, 8,21% de seus recursos, em comparação com montantes mais elevados destinados às áreas de saúde, biologia, engenharia, física e química. As percentagens destinadas às ciências agrárias pelo CNPq, Capes e outras agências devem ser um pouco mais elevadas, como se pode depreender das percentagens de bolsas concedidas. A Fapergs destina 13,64% às ciências agrárias. Mesmo nas previsões mais otimistas, essas percentagens não devem passar dos 15% na grande área de ciências agrárias, considerando-se o investimento de todas as fontes de financiamento no país.

A agricultura e *agribusiness* são responsáveis por cerca de 40% de nosso PIB; os retornos financeiros que advieram de aplicações da pesquisa em ciências agrárias para a sociedade brasileira são muitas vezes maiores que os investimentos feitos. Nada mais justo, portanto, que valores bem maiores do que esses fossem aplicados na pesquisa agropecuária. É verdade que um dos responsáveis por esse baixo percentual é o próprio pesquisador em ciências agrárias que, com menor agressividade do que os de outras áreas, ou tendo recursos da própria instituição, como foi o caso da Embrapa até recentemente, solicita menos financiamentos para suas pesquisas às agências financiadoras. Isso resulta em uma demanda menor e, conseqüentemente, em menor número de projetos aprovados.

Por outro lado, entretanto, os mecanismos de financiamento da maioria das agências de apoio à pesquisa favorecem o apoio a pesquisadores com maior número de trabalhos publicados em revistas do exterior e de nível internacional. Essa forma de seleção, embora apropriada às áreas básicas, prejudica sensivelmente as áreas mais profissionalizantes e de características regionais, como é o caso das ciências agrárias. Recente levantamento, realizado nesse sentido (Schott, 1993), mostra com grande propriedade que o Brasil contribui apenas com 0,3% dos artigos publicados em revistas de bom nível e indexadas, e que em citações em trabalhos extraídos dessas mesmas revistas o Brasil tem uma contribuição de apenas 0,2%. Há que se admitir, portanto, a sofrível *performance* do Brasil em comparação com a ciência e tecnologia mundiais. A área de ciências agrárias não foge a esses padrões. Em agronomia, engenharia florestal e alimentos, o Brasil contribui com 1,3% do total de publicações na área. Em medicina veterinária, a percentagem é bem menor (0,4%). Mesmo em áreas consideradas mais desenvolvidas no país, esses percentuais são comparáveis aos das áreas de ciências agrárias (0,58% para clínica médica, 1,03% para biomedicina,1,6% para biologia, 0,74% para química e 1,82% para física), sempre segundo os dados de Schott (1993), baseados no período 1980-86. Não há, portanto, que penalizar a área de ciências agrárias, com base no critério de publicações no exterior, pois além da produção não ser defasada em relação às das outras áreas, é preciso levar em conta que, em inúmeros casos, é mais importante publicar uma pesquisa de âmbito regional em revistas também de âmbito local e que, embora não atinjam os níveis de excelência desejáveis, contribuem para a difusão e incorporação de novas tecnologias em âmbito regional ou nacional. A recomendação nesse caso é que, em primeiro lugar, os pesquisadores em ciências agrárias sejam incentivados a buscar mais agressivamente recursos junto às agências financiadoras de pesquisa no país e exterior, e, em segundo lugar, que essas agências entendam e considerem o valor das publicações regionais em ciências agrárias.

Finalmente, há que se levar em conta que os investimentos em pesquisa na área de ciências agrárias são, em geral, dispendiosos. Aliados a trabalhos de laboratório, na maioria das vezes têm que ser realizados experimentos em campo, que necessitam de mão-de-obra e equipamentos específicos. Solicitações de auxílio à pesquisa que envolvem equipamentos como fotomicroscópios, ultracentrífugas, espectrofotômetros e outros são muito mais facilmente atendidos por agências financiadoras de pesquisa no país que solicitações de tratores e implementos agrícolas para trabalhos de campo. O campo tem de ser entendido como o "laboratório" de muitas pesquisas em ciências agrárias. Os auxílios para aquisição de materiais de consumo de pesquisadores em ciências agrárias na área experimental de campo (fertilizantes, rações, inseticidas etc.) são muito mais dificilmente atendidos do que os auxílios referentes a materiais de consumo de pesquisadores em áreas básicas (sais, meios de cultura, enzimas). Isso decorre da própria formação dos dirigentes e responsáveis pelo julgamento e aprovação de projetos em instituições de financiamento à pesquisa no Brasil. A recomendação, nesse caso, é que haja maior sensibilidade dos agentes financiadores de pesquisa no país para a realidade nacional, dentro da perspectiva de que, muitas vezes, o apoio a projetos de impacto regional ou nacional, mesmo não-competitivos internacionalmente, pode produzir retornos consideráveis para a comunidade. Esses retornos são, em grande parte, responsáveis pela manutenção das próprias agências e dos pesquisadores.

Laboratórios, áreas de campo e estações experimentais estão sofrendo nas ciências agrárias e em praticamente todas as áreas, com as limitações impostas ao financiamento à pesquisa no Brasil. Isto, a médio e longo prazos, deverá provocar efeitos altamente prejudiciais ao desenvolvimento do país. Ao lado das recomendações propostas, fica esta última: devolver, pelo menos, aos centros de excelência em ciências agrárias no Brasil, sua capacidade de desenvolver pesquisas de real valor, competitivas e/ou de importância para a comunidade.

Referências bibliográficas

Abeas (Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior). *Guia das instituições de ensino superior.* 4 ed. Brasília, Abeas, 1989.

———. I Plano de desenvolvimento do ensino de ciências agrárias para a década de 1990. Brasília, Abeas, 1991. 42p. mimeog.

Academia de Ciências do Estado de São Paulo. *Ciência e tecnologia no estado de São Paulo. III — agropecuária — solo.* São Paulo, Aciesp e Secretaria da Cultura, Ciência e Tecnologia, 1978a. *Aciesp*, *4*(3), 1978. 108p.

———. *Ciência e tecnologia no estado de São Paulo. VI — agropecuária — pecuária.* São Paulo, Aciesp e Secretaria de Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1978b. *Aciesp*, *4*(6), 1978. 23p.

Capdeville, G. *O ensino superior agrícola no Brasil.* Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1991. 108p.

Capes (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Cursos de pós-graduação em ciências agrárias no Brasil. Capes, Brasília, 1993. 10p. mimeog.

Cirino, E. P. Aqüicultura no Brasil. Esalq/USP, 1993. 3p. mimeog.

CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Diagnóstico da área de agronomia e previsão orçamentária para o ano de 1993. Brasília, CNPq, 1992a. 11p. mimeog.

———. Plano de ação e proposta orçamentária — área de alimentos. Brasília, CNPq, 1992b. 7p. mimeog.

———. Plano de ação e proposta orçamentária — área de engenharia agrícola. Brasília, CNPq, 1992c. 8p. mimeog.

———. Plano de ação e proposta orçamentária para 1993 — engenharia florestal. Brasília, CNPq, 1992d. 6p. mimeog.

———. Proposta orçamentária para 1993, referente às áreas de medicina veterinária, zootecnia, aqüicultura e programa de ciência e tecnologia em produção animal. Brasília, CNPq, 1992e. 35p. mimeog.

Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária. *Principais atividades, 1992.* São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 1993. 24p.

Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Embrapa/12 anos.* Brasília, Embrapa, 1985. 108p.

———. *Programa nacional de pesquisa em fruteiras de clima tropical.* Cruz das Almas, PNPFCT/Embrapa, 1991. 73p.

———. *Embrapa — 20 anos.* Brasília, Embrapa, SPI, 1993a. 40p.

———. *O enfoque de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e sua implementação na Embrapa, departamentos, pesquisa e desenvolvimento.* Brasília, Embrapa, 1993b. 29p.

Esalq (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). *Cadastro de pesquisas em andamento, 1991.* Piracicaba, Campus da USP, 1992. 600p.

FAO (Food and Agriculture Organization). *La extensión rural y el desarrollo del agro.* Santiago, Chile, FAO, 1987. 54p.

———. *Informe de los seminarios subregionales sobre formación y capacitación de profesionales de ciencias agrícolas para la extensión y el desarrollo rural en América Latina y el Caribe.* Santiago, Chile, FAO, 1988a. 13p.

———. *La formación de profesionales de ciencias agrarias por una agricultura en crisis.* Santiago, Chile, FAO, 1988b. 27p. (Serie Desarrollo Rural, 6.)

Fapesp (Fundação Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). *Relatório de atividades.* São Paulo, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico, 1991. 332p.

———. Relatório de atividades desenvolvidas pela Fapergs (em 1992). Porto Alegre, Secretaria da Ciência e Tecnologia, 1992. mimeog.

Ipef (Instituto de Pesquisas Florestais). *Jornal do Convênio.* Piracicaba, Ipef, edição especial, 1993. 12p.

Malavolta, E. As ciências agrícolas no Brasil. In.: Ferri, M. G. & Motoyama, S. (coords.). *História das ciências no Brasil.* São Paulo, USP, 1986. p. 105-49.

———. Solos e edafologia. In.: Peixoto, A. M.; Yamagushi, C. T. & Camargo Filho, A. M. (eds.). *Fealq — 10 anos de pesquisa agrícola*. Piracicaba, Fealq, 1987. p. 45-74.

Marchetti, D. A. B. Mecanização agrícola. In: Peixoto, A. M., Yamagushi, C. T. & Carmargo Filho, A. M. (eds.). *Fealq — 10 anos de pesquisa agrícola*. Piracicaba, Fealq, 1987. p. 127-38.

Mors, W. *P.B.D.C.T. — Pesquisa fundamental e pós-graduação — área de alimentos*. Brasília, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, MEC, 1974. 47p.

Packer, I. U. *Produção e melhoramento animal*. In: Peixoto, A. M.; Yamagushi, C. T. & Camargo Filho, A. M. (eds.). Piracicaba, Fealq, 1987. p. 85-98.

Pronapa. *Embrapa — 20 anos*. Brasília, Pronapa, *19*:1-394, 1993.

Pulin, R. S. V. Cichlids in aquaculture. In: Keenleyside, M. H. A. (ed.). *Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution*. London, Chapman & Hall, 1991. (Fisch and Fisheries Series, 2.)

Ruegger, W. U. S. Defensivos agrícolas: uma visão geral. *Informe GEP/DESP*. Piracicaba, Esalq/USP, *6*:8-9, 1993.

Schott, T. Performance, specialization and international integration of science in Brazil: changes and comparison with other Latin America and Israel. 1993. 73p. mimeog.

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. *Relatório de atividades, 1991*. São Paulo, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária do Estado de São Paulo, 1992. 48p.

Silva, G. S. P.; Fonseca, M. A. S. & Martin, N. B. *Pesquisa e produção agrícola do Brasil*. São Paulo, Secretaria de Agricultura, Instituto de Engenharia Agrícola, 1979. (Relatório de Pesquisa, 17.)

Unesp (Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho). *Trabalhos científicos em andamento, 1992*. Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1992a. 111p.

———. *Trabalhos científicos concluídos, 1991/1992*. Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1992b. 137p.